



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004133464/28, 16.11.2004

(24) Дата начала действия патента: 16.11.2004

(45) Опубликовано: 20.02.2006 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1304584 A1, 15.11.1993. JP 8297167 A, 12.11.1996. JP 2000002768 A, 07.01.2000.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УГТУ-УПИ, центр интеллектуальной собственности, Т.В. Марксу

(72) Автор(ы):

Шульгин Борис Владимирович (RU),
Черепанов Александр Николаевич (RU),
Иванов Владимир Юрьевич (RU),
Королева Татьяна Станиславна (RU),
Маркс Станислав Викторович (RU),
Петров Владимир Леонидович (RU)

(73) Патентообладатель(ли):

ГОУ ВПО Уральский государственный
технический университет - УПИ (RU),
ООО "Центр детекторных технологий" (RU)

(54) СЦИНТИЛЛЯТОР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к неорганическим сцинтилляционным материалам, предназначенным для регистрации тепловых нейтронов и пригодным для создания на их основе радиационных детекторов для радиоэкологического мониторинга территорий. Сущность: сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов на базе

кристалла ${}^6\text{LiF}\cdot\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ дополнительно содержит изотоп гелия ${}^3\text{He}$ при следующем соотношении компонентов, ат. %: ${}^6\text{LiF}\cdot\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 99,94-99,98; ${}^3\text{He}$ 0,02-0,06. Технический результат изобретения: повышение эффективности регистрации тепловых нейтронов за счет повышения сечения взаимодействия (захвата).



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

G01T 1/202 (2006.01)*G01T 3/06* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2004133464/28, 16.11.2004**(24) Effective date for property rights: **16.11.2004**(45) Date of publication: **20.02.2006 Bull. 5**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UGTU-
UPI, tsentr intellektual'noj sobstvennosti,
T.V. Marksu**

(72) Inventor(s):

**Shul'gin Boris Vladimirovich (RU),
Cherepanov Aleksandr Nikolaevich (RU),
Ivanov Vladimir Jur'evich (RU),
Koroleva Tat'jana Stanislavna (RU),
Marks Stanislav Viktorovich (RU),
Petrov Vladimir Leonidovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO Ural'skij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet - UPI (RU),
OOO "Tsentr detektornykh tekhnologij" (RU)**

(54) SCINTILLATOR FOR RECORDING THERMAL NEUTRONS

(57) Abstract:

FIELD: radiation monitoring of environment.

SUBSTANCE: inorganic scintillation materials used for recording thermal neutrons are found useful for developing radiation detectors around them. Proposed thermal neutron recording scintillator developed around ${}^6\text{LiF}$ -

$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ crystal has in addition Helium isotope ${}^3\text{He}$, proportion of ingredients being as follows, atom percent: • ${}^6\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$...99.94 - 99.98; • helium isotope ${}^3\text{He}$...0.02 - 0.06.

EFFECT: enhanced recording efficiency due to enlarged interaction (capture) sectional area.

1 cl, 5 ex

Изобретение относится к неорганическим сцинтилляционным материалам, предназначенным для регистрации тепловых нейтронов и пригодным для создания на их основе сцинтилляционных детекторов для радиоэкологического мониторинга территорий, контроля космического и техногенного нейтронного фона, для создания комплексов

5 технического контроля за первичным ядерным топливом и за изделиями из делящихся материалов, а также для создания антитеррористических комплексов радиационного контроля.

Для обнаружения и регистрации тепловых нейтронов сцинтилляционным методом необходимо, чтобы вещество сцинтиллятора обладало достаточно высоким световыходом сцинтилляций и, главное, повышенным сечением взаимодействия с тепловыми нейтронами

10 в рамках возможных ядерных реакций типа (n, α) , или (n, p) , или (n, γ) , поскольку именно этот параметр определяет основную техническую характеристику сцинтиллятора: эффективность регистрации тепловых нейтронов. Последняя определяется как отношение числа зарегистрированных тепловых нейтронов к числу тепловых нейтронов, попавших в сцинтиллятор. Чтобы регистрировать тепловые нейтроны, вещество сцинтиллятора должно

15 их чувствовать, взаимодействовать с ними. Так, сцинтиллятор на основе NaI-Tl, обладающий рекордно высоким световыходом сцинтилляций при регистрации гамма-излучения [Прайс В. Регистрация ядерного излучения. М.: ИИЛ, 1964, 464 с.; Группен К. Детекторы элементарных частиц. Новосибирск: Сибирский хронограф, 1999. 408 с.]

20 практически не пригоден для регистрации тепловых нейтронов, поскольку ядра элементов, образующих вещество сцинтиллятора NaI-Tl не взаимодействует с тепловыми нейтронами. Напротив, сцинтилляторы, в состав которых входят, например, ядра ${}^6\text{Li}$, или ${}^{10}\text{B}$, или другие ядра, имеющие высокое сечение взаимодействия с тепловыми нейтронами, обладают эффективностью их регистрации, достаточной для использования в

25 сцинтилляционных счетчиках.

Поскольку нейтронное излучение делящихся материалов (ДМ) всегда сопровождается гамма-излучением, то для повышения обнаружительной способности сцинтиллятора по отношению к ДМ необходимо, чтобы сцинтиллятор одновременно мог регистрировать и гамма-излучение. Для таких сцинтилляторов в индивидуальной (персональной) дозиметрии

30 дополнительным требованием является требование их тканезквивалентности: их эффективный атомный номер $Z_{\text{эф}}$ должен быть равен или близок к эффективному атомному номеру биологической ткани ($Z_{\text{эф}}^{\text{биол}}=7,42$). Это требование не является обязательным для производственной дозиметрии нейтронов, однако оно актуально для персональной дозиметрии.

Известен сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов на основе кристалла ${}^6\text{LiKSO}_4\text{-Cu}$ [патент РФ 2148837]. Он содержит ${}^6\text{Li}$ -изотоп и регистрирует тепловые нейтроны по реакции $\text{Li}(n, \alpha)\text{T}$ с сечением захвата 940 барн [Акимов Ю.К. Сцинтилляционные методы регистрации частиц больших энергий. М.: изд-во МГУ, 1963; Группен К. Детекторы элементарных частиц. Новосибирск: Сибирский хронограф, 1999. 408

40 с]. Однако сцинтиллятор ${}^6\text{LiKSO}_4\text{-Cu}$ обладает невысокой эффективностью регистрации тепловых нейтронов из-за недостаточно высокого сечения реакции ${}^6\text{Li}(n, \alpha)\text{T}$. Кроме того, кристаллы ${}^6\text{LiKSO}_4\text{-Cu}$ нетехнологичны, имеют высокую степень дефектности, а их эффективный атомный номер $Z_{\text{эф}}$ существенно превышает $Z_{\text{эф}}$ биологической ткани, и

45 требование тканезквивалентности сцинтиллятора - необходимое условие индивидуальной дозиметрии, не выполняется.

Известен сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов на основе кристалла NaI-Tl с чехлом-радиатором из борсодержащего материала, окружающего кристалл NaI-Tl [патент РФ 2189057]. Толщина радиатора, изготовленного из карбида или нитрида бора,

50 достаточна для полного поглощения тепловых нейтронов ядрами ${}^{10}\text{B}$. Сечение захвата тепловых нейтронов естественной смеси изотопов бора составляет 767 барн, а для чистого изотопа ${}^{10}\text{B}$ - 3837 барн. Недостатком известного сцинтиллятора [патент РФ 2189057] является недостаточно высокое сечение взаимодействия с тепловыми

нейтронами и высокая гигроскопичность применяемого кристалла NaI-Tl. Последнее делает его ненадежным в эксплуатации. Все известные потенциальные борсодержащие сцинтилляторы [Прайс В. Регистрация ядерного излучения. М.: ИИЛ, 1964. 464 с.; Группен К. Детекторы элементарных частиц. Новосибирск: Сибирский хронограф, 1999. 408 с.; Огородников И.Н., Кружалов А.В. // Изв. ВУЗов, Физика, 1996. Т.39, №11. С.76-93] обладают недостаточно высокой эффективностью регистрации тепловых нейтронов из-за невысокого сечения реакции для естественной смеси изотопов бора (на уровне 767 барн). Кроме того, для NaI-Tl $Z_{эф}=54$, что в 7-8 раз превышает $Z_{эф}$ биологической ткани, т.е. требование тканееквивалентности сцинтиллятора - необходимое условие индивидуальной дозиметрии, не выполняется.

Известна сцинтилляционная композиция из кристаллов $Bi_4Ge_3O_{12}$ и пластика или стилибена [патент РФ 2158011] для регистрации быстрых нейтронов и γ -излучения. Однако такая сцинтилляционная композиция нечувствительна к тепловым нейтронам.

Известен сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов на основе кристалла NaI-Tl с чехлом-радиатором из серебра [Прайс В. Регистрация ядерного излучения. М.: ИИЛ, 1964. 464 с]. Серебро эффективно поглощает нейтроны резонансных энергий и испускает γ -кванты по реакции (n, γ) . Последние и регистрируются кристаллом NaI-Tl. Резонансные реакции (n, γ) на естественной смеси изотопов серебра имеют сечение взаимодействия 86,3 барн для медленных и промежуточных нейтронов и 63,3 барн для тепловых нейтронов. Однако стоимость такого детектора высока из-за высоких цен на серебро. Применение изотопа ^{109}Ag для регистрации тепловых нейтронов (сечение 91 барн) при работе в сочетании с NaI-Tl нецелесообразно из-за низкого сечения взаимодействия и малого периода полураспада ^{109}Ag , равного всего 24,6 суткам. Таким образом, эффективность регистрации тепловых нейтронов таким сцинтиллятором невысокая. Кроме того, условие тканееквивалентности для сцинтиллятора NaI-Tl не выполняется.

Известен сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов в виде сцинтилляционной композиции из трех параллельно-последовательно соединенных сцинтилляторов [патент РФ 2143711], один из которых, выполненный на основе 6Li -силикатного стекла, чувствителен к тепловым нейтронам. Однако эффективность регистрации тепловых нейтронов таким сцинтиллятором, определяемая соответствующим сечением реакции $^6Li(n, \alpha)T$ (сечение реакции равно 940 барн), невысокая и кроме того для него не выполняется условие тканееквивалентности.

Известен сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов на основе $^6LiI-Eu$ [Павловская Т.Ф. и др. ПТЭ. 1970. №1. С.90], который обладает длительностью сцинтилляций ~ 1 мкс, световыходом $\sim 0,1$ относительно световыхода CsI-Tl. Однако известный сцинтиллятор регистрирует тепловые нейтроны за счет реакции $^6Li(n, \alpha)T$ с сечением 940 барн, т.е. эффективность регистрации тепловых нейтронов этим сцинтиллятором невысокая. Кроме того, известный сцинтиллятор $LiI-Eu$ характеризуется наличием β -активности продуктов радиоактивного распада, образовавшихся в результате реакций (n, α) , (n, p) и $(n, 2n)$ на ядрах йода, что повышает уровень его шумов. Для $LiI-Eu$ не выполняется требование тканееквивалентности, он не пригоден для метрологически выдержанной персональной дозиметрии.

Известен сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов [а.с. СССР №1380465 G 01 Т 3/06, 1987 г.] на основе состава $Sr_3Y_{1-x}Gd_x(PO_4)_3$, где $x=0,3-0,5$ с максимумом спектра свечения при 313 нм и длительностью сцинтилляций 370 нс. Однако для сцинтиллятора $Sr_3Y_{1-x}Gd_x(PO_4)_3$ сцинтилляционная эффективность регистрации нейтронов по реакции (n, α) недостаточно высока. Она составляет 0,3 относительно таковой для эталона $^6LiI-Eu$. Для известного сцинтиллятора не выполняется требование тканееквивалентности.

Известно применение состава $Gd_3Sc_2Al_3O_{12}$ [а.с. СССР №1106281, G 01 Т 3/06, 1/202] в качестве сцинтиллятора для регистрации тепловых нейтронов. Однако сцинтилляционная эффективность этого состава при регистрации нейтронов по (n, α) -реакции невысока, она

равна 0,15-0,20 относительно таковой для ${}^6\text{LiI-Eu}$. Кроме того, эффективный атомный номер известного сцинтиллятора существенно выше $Z_{\text{эф}}$ биологической ткани, и требование тканеэквивалентности - необходимое условие индивидуальной дозиметрии, не выполняется.

5 Известен сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов на основе ${}^6\text{LiF-W}$ [Charkina T.A., Eidelman L.G., Goriletsky V.I., Kudin A.M. et al. New thermal neutron detector LiF(W). Book of Abstracts Int. Conf. on Inorganic Scintillators and Their Applications, SCINT-95, 1995. P.161]. Известный сцинтиллятор ${}^6\text{LiF-W}$ имеет максимум
10 свечения при 430 нм, длительность сцинтилляций - 40 мкс, коэффициент преломления - 1,40, плотность - 2,64 г/см³, эффективный атомный номер $Z_{\text{эф}}=8,2$, близкий к $Z_{\text{эф}}$ биологической ткани, температуру плавления - 1133 К. Однако он имеет невысокую сцинтилляционную эффективность, равную 0,1 относительно световыхода LiI-Eu.

Известен сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов [патент РФ по заявке №2003119786/28 (020975) от 30.06.2003] на основе фторида кальция (99,25-99,59 ат.%),
15 содержащего активатор фторид европия (0,4-0,7 ат.%) и изотоп ${}^3\text{He}$ (0,01-0,05 ат.%). Он имеет повышенный световыход сцинтилляций со спектром свечения в синей области с максимумом при 450 нм. Известный сцинтиллятор имеет повышенную чувствительность к тепловым нейтронам, благодаря наличию в нем дополнительно к изотопу ${}^6\text{Li}$ изотопа ${}^3\text{He}$ с
20 сечением захвата тепловых нейтронов 4000 барн. Однако известный сцинтиллятор для тепловых нейтронов имеет эффективный атомный номер $Z_{\text{эф}}=16,5$, который более чем в два раза превышает эффективный атомный номер биологической ткани ($Z_{\text{эф}}^{\text{биол.}}=7,42$), и поэтому известный сцинтиллятор $\text{CaF}_2\text{-Eu}$, ${}^3\text{He}$ не пригоден для использования в индивидуальной дозиметрии.

25 Известен способ имплантации ионов He^+ в кристаллы LiF с использованием ускорителя ионов [Bonfigli F., Jacquier B., Montereali R.M. et al. / Concentration of F_2 and F_3^+ defects in He^+ implanted LiF crystals determined by optical transmission and photoluminescence measurements // Optical Materials. 2003. Vol.24. P.291-296]. Ионы He^+ , имплантируемые в кристаллы LiF, имели энергию 1,5-2 МэВ, доза облучения (флюенс)
30 составляла $6 \cdot 10^{13}$ - $2,5 \cdot 10^{16}$ ион/см². Однако получаемые по известному способу кристаллы LiF были имплантированы ионами гелиевого изотопа ${}^4\text{He}$, имеющего крайне низкое сечение захвата тепловых нейтронов; известные составы LiF-4He не применялись для регистрации тепловых нейтронов, об их возможном или невозможном использовании в качестве
35 детекторов тепловых нейтронов в известном источнике [Bonfigli F., Jacquier B., Montereali R.M. et al. / Concentration of F_2 and F_3^+ defects in He^+ implanted LiF crystals determined by optical transmission and photoluminescence measurements // Optical Materials. 2003. Vol.24. P.291-296] не упомянуто.

Наиболее близким к заявляемому по составу является сцинтиллятор на основе фторида
40 лития, активированного азотнокислым уранилом $\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$ (0,001-0,005 мол.%). В нем используется естественная смесь изотопов ${}^7\text{Li}$ и ${}^6\text{Li}$ [а.с. СССР №1304584, G 01 T 1/202, 1985]. Однако из-за низкого содержания изотопа ${}^6\text{Li}$ в естественной смеси изотопов лития (7,42%) и невысокого сечения захвата тепловых нейтронов изотопом ${}^6\text{Li}$ (940 барн) известный детектор обладает недостаточно высокой эффективностью регистрации
45 тепловых нейтронов. Ранее этот известный сцинтиллятор был предложен для регистрации только заряженных частиц.

Таким образом, известные составы, содержащие изотоп ${}^6\text{Li}$, применяемые в качестве сцинтилляторов для регистрации тепловых нейтронов обладают недостаточно высоким сечением взаимодействия с тепловыми нейтронами 940 барн (реакция (n, α) и
50 соответственно недостаточно высокой эффективностью их регистрации. В предлагаемом изобретении применяют известный сцинтиллятор $\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$ (в котором литий максимально обогащен изотопом ${}^6\text{Li}$), в который дополнительно вводят изотоп ${}^3\text{He}$ тем или иным способом: методом термодиффузии или методом имплантации ускоренных ионов

гелия ^3He в приповерхностные слои. В первом случае, когда изотоп ^3He введен в детектор методом термодиффузии, получают объемный сцинтиллятор; во втором, при поверхностной имплантации, получают тонкослойный чувствительный к тепловым нейтронам сцинтиллятор того же состава.

5 Сущность изобретения заключается в том, что предлагаемый сцинтиллятор (объемный или тонкослойный) на основе кристаллов фторида лития, активированных азотнокислым уранилом, имеет состав, ат. %:

$^6\text{LiF}\cdot\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 99,94-99,98

изотоп гелия ^3He 0,02-0,06

10

При дополнительном введении в известный состав изотопа He эффективность регистрации тепловых нейтронов возрастает более чем на порядок по сравнению с эффективностью регистрации тепловых нейтронов кристаллами прототипа $\text{LiF}\cdot\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$, содержащими естественную смесь изотопов ^7Li и ^6Li , и возрастает в 2-3 раза по сравнению с эффективностью регистрации тепловых нейтронов с помощью аналога $^6\text{LiF}\cdot\text{W}$. Такое повышение эффективности регистрации тепловых нейтронов обусловлено тем, что их захват происходит на ядрах двух типов: на ядрах ^6Li (реакция (n, α) с сечением 940 барн) и на ядрах ^3He (реакция (n, p) с сечением захвата 4000 барн [Машкович В.П., Кудрявцева Л.В. Защита от ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1995, 494 с.]). Эффективный атомный номер предлагаемого сцинтиллятора близок к эффективному атомному номеру биологической ткани, что необходимо для персональной дозиметрии.

Дополнительным преимуществом предлагаемого сцинтиллятора является его чувствительность к гамма-излучению, что повышает его способность к обнаружению делящихся материалов. Более того, дополнительным преимуществом является также то, что содержащийся в составе сцинтиллятора изотоп ^3He обеспечивает не только регистрацию тепловых нейтронов и регистрацию части надтепловых нейтронов благодаря их замедлению путем рассеяния на ядрах гелия, что также повышает обнаружительную способность сцинтиллятора к нейтронным потокам и делящимся материалам.

30 Пример 1

Сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов состава $^6\text{LiF}\cdot\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ - 99,94 ат.%, изотоп ^3He - 0,06 ат.%. Сцинтиллятор получают в две стадии. На первой стадии выращивают кристаллы $^6\text{LiF}\cdot\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ с содержанием $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 0,005 мол.% в виде були диаметром 30-50 мм, длиной 40-60 мм методом Кирпопулоса в платиновых тиглях на воздухе [Кидибаев М.М. Радиационно-стимулированные процессы в кристаллах $(\text{Li}, \text{Na})\text{F}\cdot\text{U}, \text{Me}$ / Ред. Б.В.Шульгин. Каракол; Екатеринбург: ИГУ, УГТУ, 1999. 220 с]. Затем из центральной части були вырезают кристалл под стандартный диаметр ~ 40 мм, толщиной 4-6 мм, которая достаточна для захвата тепловых нейтронов ядрами ^6Li . Затем кристалл-заготовку помещают в барокамеру, в которой в кристалл вводят изотоп ^3He с помощью термодиффузии по методу А.Я. Купряжкина (Купряжкин А.Я., Куркин А.Д. // ФТТ. 1990. Т.32, №8. С.2349-2354]. В кристаллах LiF эффективно реализуется междоузельный, вакансионный и дислокационный механизмы термодиффузии с невысокой энергией активации и низкими энергиями растворения. Режим термодиффузии выбран (по известной температурной зависимости растворимости гелия и по известной зависимости растворимости гелия в кристаллах LiF от давления насыщения) таким, чтобы содержание ^3He в кристалле $\text{LiF}\cdot\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$, ^3He было доведено до 0,06 ат.%. Полученные кристаллы обладали следующими свойствами: эффективный атомный номер $Z_{\text{эф}}=8,2$ близок к $Z_{\text{эф}}$ биологической ткани; спектр свечения имеет максимум при 530 нм; длительность основной компоненты сцинтилляции равна 4-6 мкс. Срок службы сцинтиллятора при комнатной рабочей температуре (при расчетном типовом коэффициенте междоузельной диффузии $\sim 10^9$ см/с) для кристалла с диаметром порядка 40 мм составляет по оценке несколько лет. Эффективность регистрации тепловых

50

нейтронов в сравнении с таковой для сцинтиллятора $\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$ возрастает в 11 раз. Она в четыре раза выше, чем у аналога $^6\text{LiF-W}$.

Пример 2

Сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов состава $^6\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$ - 99,98 ат.%, изотоп ^3He - 0,02 ат.%. Сцинтиллятор получают в две стадии. Вначале выращивают кристаллы $^6\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$ с содержанием $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 0,003 мол.% в виде були, как и в примере 1. Из центральной части вырезают кристалл диаметром 40 мм и толщиной 4-6 мм. Затем в кристалл вводят методом имплантации изотоп ^3He с энергией 1-3 МэВ при токе пучка 10-15 мкА. Полученные кристаллы имели поверхностный слой толщиной 5-10 мкм, насыщенный ионами He, который и выполнял функции тонкослойного сцинтиллятора-регистратора тепловых нейтронов, обладая повышенной эффективностью регистрации тепловых нейтронов, провзаимодействовавших с ядрами ^6Li в этом слое. Относительная сцинтилляционная эффективность нейтронно-чувствительного слоя в два раза выше, чем у аналога $^6\text{LiF-W}$, и в 6-8 раз выше, чем у прототипа.

Пример 3

Сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов состава $^6\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$ - 99,96 ат.%, изотоп ^3He - 0,04 ат.% получают так же, как в примере 1. Вначале выращивают кристалл $^6\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$, а затем насыщают его изотопом ^3He методом термодиффузии. Полученный сцинтиллятор имел размеры $\varnothing=40$ мм, $h=4$ мм, имел эффективный атомный номер $Z_{\text{эф}} = 8,2$, спектр свечения с максимумом в области 480-530 нм и сцинтилляционную эффективность в 2,7 раза выше, чем у аналога $^6\text{LiF-W}$ и в 8-10 раз выше, чем у прототипа.

Пример 4

Сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов состава $^6\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$ - 99,93 ат.%, изотоп ^3He (газ) - 0,07 ат.%. Содержание $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 0,001 мол.%. Выращивание кристаллов $^6\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$ с последующим введением в них изотопа ^3He методом термодиффузии проводят аналогично примеру 1, но при большем времени термодиффузии. Размеры сцинтиллятора, как в примере 1 (диаметр ~40 мм, толщина - 4-6 мм). Сцинтиллятор имеет пониженную на 30% эффективность регистрации тепловых нейтронов по сравнению с эффективностью регистрации сцинтиллятором, описанным в примере 1. Последнее обусловлено появлением окраски кристалла, связанной с созданием дефектов-центров окраски и поглощением ими части свечения, испускаемого урановыми центрами.

Пример 5

Сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов состава $^6\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$ - 99,99 ат.%, изотоп ^3He - 0,01 ат.% получен, как в примере 1. Световыход сцинтилляций оказался ниже, чем в примерах 1-4 из-за пониженного содержания в нем изотопа ^3He .

Формула изобретения

Сцинтиллятор для регистрации тепловых нейтронов, включающий фторид лития, активированный азотно-кислым уранилом $^6\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$, отличающийся тем, что он дополнительно содержит изотоп гелия ^3He (в объеме или приповерхностном слое) при следующем соотношении ингредиентов, ат.%:

$^6\text{LiF-UO}_2(\text{NO}_3)_2$ 99,94-99,98

Изотоп ^3He 0,02-0,06